

METHOD FOR GROWING SEMICONDUCTOR SINGLE CRYSTAL

Patent Number: JP7133187
Publication date: 1995-05-23
Inventor(s): HIGO SHINJI
Applicant(s): KOMATSU ELECTRON METALS CO LTD
Requested Patent: JP7133187
Application Number: JP19930296108 19931101
Priority Number(s):
IPC Classification: C30B15/22; C30B15/00; C30B15/14; C30B29/06
EC Classification:
Equivalents: JP3109950B2

Abstract

PURPOSE: To provide such method for growing a semiconductor single crystal which is capable of pulling up the single crystal satisfying prescribed shape requirements respectively in respective stages from drawing to growing of a straight cylindrical part.

CONSTITUTION: The temp. gradient of a melt surface is calculated in accordance with the measured value of the melt surface temp. by radiation thermometers 6, 7 as shown by the left half of the central line of Fig. A crucible shaft 3 is vertically moved in such a manner that this temp. gradient enters a prescribed range. An inverted conical heat reflection plate 10 is installed above the melt 8 and vertical movement control of the heat reflection plate 10 is executed in accordance with the temp. gradient described above. An annular insulating material 12 is horizontally installed as to enclose the single crystal 9 right above the melt 8 as shown in the right half of the center line. The height of the insulating material 12 is controlled in accordance with the temp. gradient of the melt surface calculated from the measured value of the melt surface temp. by two pieces of the radiation thermometers. The single crystal free from deformation is obtd. by executing such controls alone or in combination.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-133187

(43)公開日 平成7年(1995)5月23日

(51)Int.Cl.⁶
C 30 B 15/22
15/00
15/14
29/06
// H 01 L 21/208

識別記号 庁内整理番号
Z
502 J 8216-4G
P

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数6 FD (全4頁)

(21)出願番号 特願平5-296108

(22)出願日 平成5年(1993)11月1日

(71)出願人 000184713

コマツ電子金属株式会社

神奈川県平塚市四之宮2612番地

(72)発明者 肥後 信司

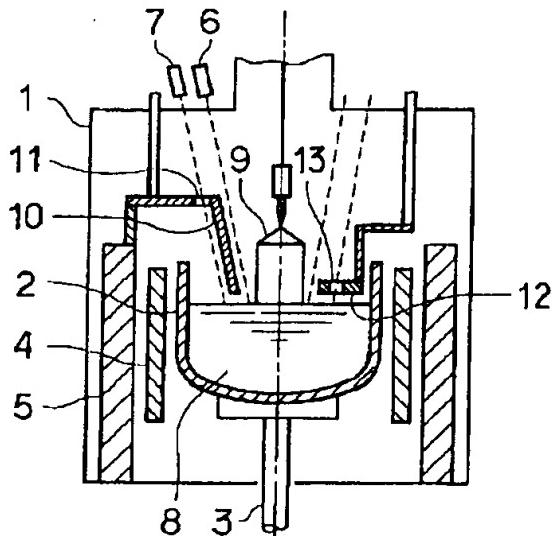
神奈川県平塚市四之宮2612 コマツ電子金属株式会社内

(54)【発明の名称】 半導体単結晶の育成方法

(57)【要約】

【目的】 絞りから直胴部育成に至る各工程において、それぞれ所定の形状規格を満足する単結晶を引き上げることができるような半導体単結晶の育成方法を提供する。

【構成】 図の中心線の左半分に示すように、放射温度計6, 7による融液表面温度測定値に基づいて融液表面の温度勾配を算出し、この温度勾配が所定の範囲に入るようになるつぼ軸3を上下動させる。また、融液8の上方に逆円錐状の熱反射板10を設置し、前記温度勾配に基づいて、熱反射板10の上下動制御を行う。あるいは中心線の右半分に示すように、融液8の直上に単結晶9を取り巻くように環状の保温材12を水平に設置し、2個の放射温度計による融液表面温度測定値から算出された融液表面の温度勾配に基づいて、前記保温材12の高さを制御する。これらの制御を単独または組み合わせて行うことにより、変形のない単結晶が得られる。



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 チョクラルスキー法による半導体単結晶の育成において、るつぼ内に貯留した融液の表面温度を2箇所について非接触式温度測定手段により測定し、前記2箇所の温度測定値から算出した融液表面の温度勾配が所定の範囲を維持するように前記単結晶の引き上げ条件を制御することを特徴とする半導体単結晶の育成方法。

【請求項2】 るつぼの上下動によって、融液表面の温度勾配を所定の範囲に維持することを特徴とする請求項1の半導体単結晶の育成方法。

【請求項3】 热反射板の上下動によって、融液表面の温度勾配を所定の範囲に維持することを特徴とする請求項1の半導体単結晶の育成方法。

【請求項4】 融液面の直上に環状の保温材を昇降自在に設置し、前記保温材の上下動によって融液表面の温度勾配を所定の範囲に維持することを特徴とする請求項1の半導体単結晶の育成方法。

【請求項5】 るつぼの下方に環状の下部ヒータを設け、この下部ヒータの出力を制御することによって融液表面の温度勾配を所定の範囲に維持することを特徴とする請求項1の半導体単結晶の育成方法。

【請求項6】 融液面の直上に環状のアフタヒータを昇降自在に設置し、前記アフタヒータの出力制御ならびに上下動によって融液表面の温度勾配を所定の範囲に維持することを特徴とする請求項1の半導体単結晶の育成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体単結晶の育成方法に関する。 30

【0002】

【従来の技術】 半導体素子の基板には主として高純度のシリコン単結晶が用いられているが、このシリコン単結晶の製造方法の一つとして、るつぼ内の原料融液から円柱状の単結晶を引き上げるチョクラルスキー法（以下CZ法という）が用いられている。CZ法においては、単結晶製造装置のメインチャンバ内に設置した石英るつぼに高純度の多結晶シリコンを充填し、前記るつぼの外周に設けたヒータによって多結晶シリコンを加熱溶解した上、シードホルダに取り付けた種子結晶を融液に浸漬し、シードホルダおよびるつぼを同方向または逆方向に回転しつつシードホルダを引き上げてシリコン単結晶を成長させる。

【0003】 シリコン単結晶の引き上げに当たり、融液表面の温度が単結晶化や結晶成長速度に影響を与えるので、前記融液表面の温度を検出してヒータに供給する電力を調節する必要がある。そして、種子結晶の引き上げ速度および融液温度を制御して、引き上げ単結晶の直径を設定値に近づける。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 単結晶引き上げの際に融液表面の温度勾配が小さいと、融液表面中心部の温度変動が大きくなっているネック部形成時に絞りにくいことが数値解析と引き上げ実験の結果から分かっている。また、肩作り、直胴作りにおいても形状の変形が起こりやすい。しかしながら従来のCZ法による単結晶引き上げの場合、融液表面の温度は測定しているが、融液表面の温度勾配を測定し、これに基づいて引き上げ条件を制御することは行われていない。特開昭59-57986は、複数段のヒータのパワーを制御し、単結晶引き上げ時の固液界面近傍の温度勾配を低く保つことによって転位密度を低減するとともに単結晶表面の損傷を防止するものであるが、シードホルダの温度およびるつぼ底の温度を測定して上段ヒータのパワーを制御するものであり、融液表面の温度勾配を指標とするものではない。

【0005】 特開平3-137088では、熱電対を用いて固液界面近傍の温度を直接測定し、融液温度を制御する。この方法では温度測定手段が接触式であるため、融液の不純物汚染を招く。また、熱電対の溶解を防ぐために断続的な測定しかできず、熱電対の寿命にも問題がある。更に、本方法は融液表面の温度勾配を測定するものではない。

【0006】 特開平5-132391では、直胴部育成中の単結晶の固液界面形状を常にフラットか融液側に凸に保ちながら単結晶を育成する方法について述べている。固液界面付近には熱電対を配置してヒータの出力を制御することにより、直胴部育成中の固液界面付近の $(d^2 T / dz^2)$ が0または負数となるように温度環境を調整する。この方法においても、熱電対を用いて融液温度を直接測定するため融液の汚染を招くとともに、制御が直胴部育成中に限られている。

【0007】 本発明は上記従来の問題点に着目してなされたもので、融液表面の温度勾配を制御することによって、絞りから直胴部育成に至る各工程においてそれぞれ所定の形状規格を満足する単結晶を引き上げができるよう、半導体単結晶の育成方法を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明に係る半導体単結晶の育成方法は、チョ克拉ルスキー法による半導体単結晶の育成において、るつぼ内に貯留した融液の表面温度を2箇所について非接触式温度測定手段により測定し、前記2箇所の温度測定値から算出した融液表面の温度勾配が所定の範囲を維持するように前記単結晶の引き上げ条件を制御する構成とし、このような構成において具体的には、るつぼの上下動によって、融液表面の温度勾配を所定の範囲に維持する育成方法でもよく、熱反射板の上下動によって、融液表面の温度勾配を所定の範囲に維持する育成方法でもよい。

3

また、融液面の直上に環状の保温材を昇降自在に設置し、前記保温材の上下動によって融液表面の温度勾配を所定の範囲に維持する育成方法でもよく、るつぼの下方に環状の下部ヒータを設け、この下部ヒータの出力を制御することによって融液表面の温度勾配を所定の範囲に維持する育成方法でもよい。更に、融液面の直上に環状のアフタヒータを昇降自在に設置し、前記アフタヒータの出力制御ならびに上下動によって融液表面の温度勾配を所定の範囲に維持する育成方法でもよい。

【0009】

【作用】上記構成によれば、融液の表面温度を2箇所について測定し、前記測定結果から算出した融液表面の温度勾配が所定の範囲を維持するように単結晶の引き上げ条件を制御するものとした。具体的には、るつぼまたは熱反射板の上下動、融液面の直上に設置した保温材の上下動、るつぼの下方に設けた下部ヒータの出力制御、融液面の直上に設置したアフタヒータの出力制御ならびに上下動によって融液表面の温度勾配を所定の範囲に維持することとしたので、絞りから直胴部育成に至る各工程においてそれぞれ所定の形状規格を満足する単結晶を引き上げることができる。

【0010】

【実施例】以下に、本発明に係る半導体単結晶の育成方法の実施例について図面を参照して説明する。図1はCZ法による単結晶育成装置の部分模式図で、中心線の左側は請求項2および請求項3に基づく育成装置、中心線の右側は請求項4に基づく育成装置を示す。同図において、1はチャンバ、2はチャンバ1の中心に設けられたるつぼ、3はるつぼ2に回転ならびに上下動を与えるるつぼ軸、4はるつぼ2を取り巻く環状のメインヒータ、5は保温筒である。また、6、7は非接触式温度センサたとえば放射温度計で、6は固液界面近傍の融液表面温度測定用、7は前記固液界面近傍の温度測定点からるつぼ2の半径方向に所定の距離だけ離れた位置の融液表面温度測定用として、チャンバ1の外側に配設されている。なお、8は融液、9は引き上げ中の単結晶である。放射温度計の代わりに黒体センサを用いてもよい。

【0011】請求項2に基づく単結晶育成方法は、放射温度計6、7による融液表面温度測定値に基づいて図示しない制御装置が融液表面の温度勾配を算出し、この温度勾配が単結晶育成装置ごとにあらかじめ定めた温度勾配の範囲に入るようるつぼ軸3を上下動させるものである。融液表面中心部の温度変動を小さくするには温度勾配を大きくする必要があるが、石英るつぼの寿命や結晶中の酸素濃度の点から大きすぎないことが望ましい。

【0012】次に、本育成方法の適用例について述べる。直径16インチの石英るつぼに45kgの多結晶シリコンを装填し、これを溶解後、るつぼの中心から法線方向に85mmと125mmの位置における融液表面温度を、絞りとレンズ系とを組み合わせた放射温度計によ

50

4

り測定した。るつぼの垂直方向位置を移動させることによって融液表面の温度勾配を変え、単結晶の引き上げを行った。前記温度勾配が $6^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ の場合はネック部を形成することができず、 $9^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ の場合は直胴部に曲がりを生じた。 $10^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ とした場合は形状のすぐれた単結晶が得られた。

【0013】請求項3に基づく単結晶育成方法は、融液8の上方に単結晶9を取り巻む逆円錐状の熱反射板10を設置し、放射温度計6、7による融液表面温度測定値から算出された融液表面の温度勾配に基づいて、熱反射板10の上下動制御を行うものである。前記熱反射板10は、チャンバ1の外部に設けられた図示しない駆動装置により上下動し、上端フランジ部には、放射温度計7による融液表面温度測定のための透明部分11が設けられている。この育成方法の適用例として、融液表面の温度勾配が $10^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ となるように前記熱反射板10の位置を制御して単結晶の引き上げを行ったところ、形状のすぐれた単結晶を得ることができた。引き上げ後半では温度勾配を $15^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ として、結晶の析出を防止した。

【0014】請求項4に基づく単結晶育成方法は、融液8の直上に単結晶9を取り巻くように環状の保温材12を水平に設置し、2個の放射温度計による融液表面温度測定値から算出された融液表面の温度勾配に基づいて、前記保温材12の高さを制御するものである。保温材12は、チャンバ1の外部に設けられた図示しない駆動装置により上下動する。また、前記保温材12には、放射温度計による融液表面温度測定のための透明部分13が設けられている。この育成方法の適用例として、単結晶引き上げの際、融液表面の温度勾配が $10^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ となるように前記保温材の高さを設定した。温度勾配を $1^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ に保つことにより、結晶曲がりの発生を防止することができた。

【0015】図2は請求項5および請求項6に基づく単結晶育成装置の部分模式図で、中心線の左側は請求項5、右側は請求項6を示す。請求項5に基づく単結晶育成方法は、るつぼ2の下方に、るつぼ軸3を取り巻くように下部ヒータ14を設置し、放射温度計6、7による融液表面温度測定値から算出された融液表面の温度勾配に基づいて、下部ヒータ14の出力を制御するものである。本育成方法の適用例について述べると、融液表面の温度勾配が $10^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ となるように下部ヒータの出力を制御しながら単結晶を育成した。その結果、低酸素濃度で、かつ、曲がり、ねじれのない単結晶を引き上げることができた。また、融液表面の温度勾配が $12^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ となるように下部ヒータの出力を制御しながら単結晶を育成したところ、高酸素濃度で変形のない単結晶を得ることができた。

【0016】図2の右側に示す請求項6の単結晶育成方法は、融液8の直上に単結晶9を取り巻くように環状の

5

アフタヒータ15を水平に設置し、2個の放射温度計による融液表面温度測定値から算出された融液表面の温度勾配に基づいて、前記アフタヒータ15の出力を制御するものである。融液表面の温度勾配制御の補助的手段としてアフタヒータ15を昇降させることもできる。この場合、アフタヒータ15は、チャンバー1の外部に設けられた図示しない駆動装置により上下動する。また、前記アフタヒータ15には、放射温度計による融液表面温度測定のための穴16が設けられている。この育成方法の適用例として、単結晶引き上げ時、融液表面の温度勾配が 1.6°C/cm となるようにアフタヒータの出力を制御しながら単結晶を育成した。この方法により低酸素濃度($1.1.5 \times 10^{17} \text{ atoms/cc}$: old ATM)の单結晶を引き上げることができた。

【0017】上記の各実施例では、各請求項に示した内容をそれぞれ単独に適用したが、これに限るものではなく、複数の請求項内容を組み合わせて適用してもよい。

[0018]

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、融液表面の温度勾配を所定の範囲に維持するため、るつぼまたは熱反射板の上下動、融液面の直上に設置した保温材の上下動、るつぼの下方に設けた下部ヒータの出力制御、融液面の直上に設置したアフタヒータの出力制御ならびに上下動を単独に、または組み合わせて行うこととしたので、融液表面の温度勾配は所定の範囲に維持され、較りから直肩部育成に至る各工程においてそれぞれ

10

6

所定の形状規格を満足する単結晶を引き上げることができる。このように融液表面の温度勾配を測定・制御することにより、次の効果が られる。

- (1) 引き上げ条件の初期設定すなわち絞り条件を各バッチごとに簡単に決定することができる。
 - (2) 単結晶の曲がり、ねじれによる不良率を低減させることができる。
 - (3) 本発明による単結晶育成方法を、単結晶中の酸素濃度を制御する一つの手段として利用することができる。

(図面の簡単な説明)

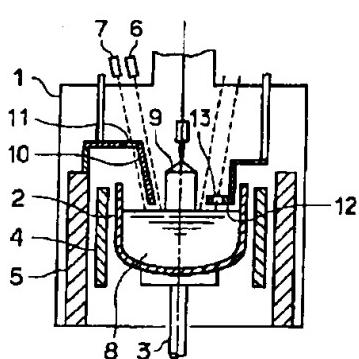
【図1】半導体単結晶育成装置の部分模式図で、中心線の左側は請求項2および請求項3に基づく育成装置、中心線の右側は請求項4に基づく育成装置を示す。

【図2】半導体単結晶育成装置の部分模式図で、中心線の左側は請求項5に基づく育成装置、右側は請求項6に基づく育成装置を示す。

【符号の説明】

| | |
|---------------|--------|
| 2 るつぽ | 12 保温材 |
| 20 6, 7 放射温度計 | 14 下部ヒ |
| 一タ | |
| 8 融液 | 15 アフタ |
| ヒータ | |
| 9 単結晶 | |
| 10 熱反射板 | |

[图 1-1]



[图2]

